

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Токаря Эдуарда Анатольевича

"Извлечение радионуклидов Cs-137 из высокоминерализованных щелочных сред с применением резорцинформальдегидных смол", представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.4. Физическая химия и 1.5.15. Экология (химические науки)

Актуальность тематики диссертационного исследования обусловлена научной и практической значимостью работ в рамках приоритетного направления атомной энергетики, связанного с безопасным обращением с радиоактивными отходами (РАО). Значительный объем жидких радиоактивных отходов (ЖРО) на предприятиях атомной отрасли представляет существенный потенциал экологической опасности.

Для сокращения объемов ЖРО широко применяется сорбционное извлечение радионуклидов Cs-134/137 материалами с высокой селективностью.

Ионообменные смолы фенольного типа, в частности, резорцинформальдегидные смолы (РФС), обладают по сравнению с неорганическими сорбентами большей химической стабильностью в щелочной среде, устойчивы к воздействию комплексообразующих и поверхностно-активных веществ и способны селективно извлекать радионуклиды Cs-134/137 из растворов с высокой минерализацией. По этой причине РФС широко применяются для очистки щелочных ЖРО различного химического состава, однако подвержены значительному окислению, усиливающемуся при длительном воздействии щелочных сред, что способствует растворению ионообменной смолы и снижению сорбционно-селективных характеристик.

Поэтому изучение процессов, протекающих при извлечении радионуклидов цезия резорцинформальдегидными смолами из щелочных высокоминерализованных растворов, а также поиск новых технологических подходов к синтезу РФС с повышенной химической стабильностью, является, безусловно, крайне актуальной и своевременной задачей для научного

обоснования эффективных технологий извлечения радионуклидов цезия из высокоактивных ЖРО с солесодержанием более 100 г/л, содержанием ПАВ, взвесей продуктов коррозии, ПАВ, комплексообразователей.

**Цель работы** заключалась в обосновании новых адсорбционных материалов РФС, сочетающих повышенную химическую и радиационную устойчивость и эффективные сорбционно-селективные свойства по отношению к радионуклидам Cs-137. Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие **задачи**:

1. Установить влияние основных параметров направленного синтеза РФС (температуры отверждения и соотношения реагентов) на особенности сшивки полимерной сетки, химическую стабильность и сорбционно-селективные характеристики ионита.
2. Разработать новые подходы синтеза пористых РФС методом выщелачивания введенного в реакционную среду неорганического наполнителя, и полимеризации реакционной дисперсионной среды. Оценить химическую стабильность, скорость и полноту извлечения цезия пористыми ионитами в сравнении с непористыми.
3. Оценить эффективность извлечения цезия из растворов, имитирующих проблемные ЖРО, ионитами с наилучшими сорбционно-селективными характеристиками. Дать оценку возможности практического применения новых ионитов.

**Научная новизна** диссертации состоит в следующем:

1. В результате проведенных исследований были разработаны **новые типы сорбентов** на основе резорцинформальдегидных смол, отличающиеся повышенными сорбционно-селективными характеристиками по отношению к Cs-137, которые могут рассматриваться как перспективные материалы для переработки высокощелочных ЖРО и кубовых остатков сложного химического состава.

2. С использованием методов ЯМР, ИК, ТГА и радиоактивных индикаторов установлено **влияние параметров синтеза** (температура отверждения и мольное соотношение исходных реагентов) на степень сшивки полимерной сетки, химическую устойчивость в щелочных растворах и сорбционно-селективные характеристики РФС, в том числе на скорость массопереноса внутри матрицы полимера. Определены оптимальные условия синтеза РФС резольного типа, исследованы кинетические параметры ионного обмена в щелочных средах.
3. Впервые определены **оптимальные параметры синтеза** пористых образцов РФС, полученных внесением неорганического наполнителя (CaCO<sub>3</sub>) и полимеризацией реакционной дисперсионной среды (толуола).
4. В статических и динамических условиях установлены **закономерности сорбционного извлечения цезия** из щелочных растворов ионитами с различной морфологией поверхности. Установлена зависимость кинетических параметров ионного обмена и химической устойчивости от количества вносимого порообразователя.
5. На примере растворов-имитаторов проблемных ЖРО оценена возможность **практического применения РФС** с повышенной химической стабильностью и скоростью ионообменного процесса.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретическая значимость работы заключается в установлении факторов и параметров, позволяющих направленно синтезировать иониты с повышенной устойчивостью к щелочным средам и повышенной скоростью ионообменного процесса, а именно:

- увеличение сшивки полимерной сетки в процессе отверждения в установленном автором температурном значении и выбранном оптимальном мольном соотношении резорцин/формальдегид;
- получение пористых ионообменных смол выщелачиванием неорганического наполнителя, либо полимеризацией реакционной дисперсионной среды (жидкой олигомерной смеси).

Практическая значимость полученных результатов состоит в том, что иониты, синтезированные по предложенной автором схеме, отличаются повышенной химической и радиационной устойчивостью, а также обладают повышенными сорбционно-селективными свойствами по отношению к радионуклидам цезия. Использование новых эффективных сорбентов позволит повысить производительность производственных процессов очистки ЖРО.

Полученные результаты работы могут быть использованы для оптимизации методов и подходов к извлечению Cs-137 при обращении с ЖРО на радиохимических предприятиях атомной отрасли, атомных электростанциях (АЭС), предприятиях по обращению с РАО.

#### **Объем и структура работы.**

Диссертационная работа Токаря Э.А. включает введение, 4 главы, заключение и список цитируемой литературы из 186 наименования. Материал работы изложен на 154 страницах печатного текста, содержит 51 рисунок и 30 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы ее цель, поставленные задачи и основные защищаемые положения, отмечены ее научная новизна, достоверность, практическая и теоретическая значимость результатов, представлены методология и апробация работы, ее структура и объем, указано соответствие темы диссертации паспортам специальностей.

В обзоре литературы (глава I) автором определено понятие и даны характеристики «проблемных» ЖРО, образующихся в процессе деятельности объектов ядерного промышленного комплекса и являющихся объектом данного исследования. Представлены характеристики различных типов радиоактивных отходов, сложный химический состав которых препятствует сорбционному извлечению радионуклидов Cs-137.

С экологической точки зрения обращено внимание на радиоэкологические риски воздействия изотопов цезия на биоту, стохастические эффекты воздействия

на население, опасность химического сродства к калию и натрию и легкость встраивания в трофические цепи.

Достаточно полно представлен анализ известных природных и синтетических сорбционных материалов, применяемых для извлечения Cs-137 из жидких сред.

Рассмотрены используемые и перспективные сорбционные материалы на основе ионообменных смол фенольного типа (новолачных и резольных) – способы их получения (степень сшивки зависит от условий отверждения), механизм извлечения ими цезия, зависимость емкости и селективности от содержания гидроксильных групп в ароматическом кольце и pH среды (высокого сродства гидроксильных групп к протону).

Проведен анализ известных коммерчески доступных фенолформальдегидных и резорцинформальдегидных смол в сравнении их характеристик по эффективности извлечения радионуклидов цезия и негативного конкурирующего влияния ионов натрия и калия.

Уделено внимание причинам деградации полимерной матрицы ионитов (окисление, радиационная устойчивость, устойчивость к кислотам и щелочам).

Несомненным достоинством главы I является кропотливо скомпилированная и информационно насыщенная таблица 5 (с.46-47) – сравнительная характеристика сорбционных материалов для извлечения цезия из жидких сред.

К недостаткам главы I возможно, следует отнести избыточно подробное описание (на 15 страниц) не относящихся к объекту и предмету исследования других типов сорбентов: алюмосиликатов; солей гетерокислот фосфоромолибдатов аммония; вольфраматов и титанатов; ферроцианидов и их модифицированных композитов («ТЕРМОКСИД-35»); органических сорбентов каликсаренов и краун-эфиров.

По главе I сделан вывод о том, что резорцинформальдегидные смолы обладают наилучшими сорбционно-селективными характеристиками по концентрированию Cs-137 из высокоминерализованных жидких сред, а решением проблемы сохранения функциональности ионитов является повышение

кинетических параметров ионного обмена для снижения времени контакта ионитов с очищаемым раствором.

На основании проведенного литературного обзора сформулированы основные актуальные задачи диссертационной работы.

В экспериментальной части (**глава II**) описаны материалы, методики синтеза пористых и непористых резорцинформальдегидных смол (РФС), методы физико-химического анализа, методики проведения сорбционных экспериментов.

Токарь Эдуард Анатольевич выполнил большой объем экспериментальных работ, в результате которых были выбраны и обоснованы оптимальные условия синтеза РФС, экспериментально определена их морфология поверхности, химическая и радиационная устойчивость, сорбционно-селективные свойства по отношению к радионуклидам Cs-137.

Методика синтеза РФС и методики проведения сорбционных экспериментов описаны исчерпывающе и логично.

В диссертационной работе были использованы современные инструментальные методы анализа веществ и материалов, в том числе гамма-спектрометрия, инфракрасная спектрометрия, газосорбционный анализ удельной поверхности, растровая электронная микроскопия (РЭМ), дифференциальный термический анализ, ядерно-магнитный резонанс (ЯМР-спектрометрия химического состава вещества), энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия (ЭДС) в составе электронного микроскопирования, термогравиметрический анализ (ТГА), атомно-абсорбционная спектрометрия (ААС) для определения концентрации ионов стабильного изотопа Cs-133.

Важно отметить, что математическую и графическую обработку экспериментальных результатов проводили не только по известным программным продуктам, но и по самостоятельно разработанной автором программе (опубл. в открытой печати в 2021 г., ссылка в диссертации [169]), использованной для аппроксимации экспериментальных линий методом наименьших квадратов при расчетном определении относительных интегральных интенсивностей компонент ЯМР-спектра; при этом ошибка определения химического состава (ХС)

составляла 0,3 м.д., интенсивности спектральной линии – 5 % от ее площади. Это украшает работу.

К сожалению, в оформлении главы II есть несколько несоответствий, затрудняющих восприятие диссертации. Во-первых, не все физико-химические методы анализа и приборы перечислены в разделе 2.3, далее по ходу описания сорбционных исследований «всплывают» «не учтенные»: определение оптической плотности с помощью сканирующего УФ-видимого спектрофотометра Shimadzu 1800 PC (Shimadzu, Япония) с построением градуировочных кривых; исследование механической прочности с использованием вибрационной мельницы «Pulverisette 0» («Fritsch», Germany) с чашей и шаром из двуокиси циркония; а термогравиметрический анализ (ТГА), упомянутый в п.2 научной новизны и по сути составляющий доказательную базу разделе 3.1, нигде в перечислении и описании методик не упомянут.

Во-вторых, на мой взгляд, расчетный химический состав щелочного модельного раствора, имитирующего осветленную фазу емкостей-хранилищ ВАО (таблица 8), и состав раствора, имитирующего состав кубового остатка (КО) АЭС с ВВЭР (таблица 9) уместнее было представить в главе II, где описаны все вещества и материалы.

В-третьих, также в главе II следовало бы представить и информацию о смоле-прототипе, условия синтеза которой даны ссылкой на работы других авторов [140, 144] в главе III (с.66), где ожидаемы уже обсуждения результатов, а не указания на методики и материалы.

Кроме того, по моему мнению, недостает описания общей методологии исследования, и необходимые пояснения автору приходится давать в главе обсуждения результатов.

**Глава III** посвящена обсуждению влияния параметров синтеза на сорбционные свойства резорцинформальдегидных смол.

Автором показано (рисунок 8), что коэффициент распределения Cs-137 ( $K_p$ ) возрастает в диапазоне рН 12-13, а затем снижается при рН 14, и предложен механизм деструкции РФС (рисунок 13), объясняющий наблюдаемый эффект.

При этом зависимость Cs-137 ( $K_p$ ) от pH представлена только для смолы-прототипа. Не ясно, почему на рисунке 8 в сравнении с прототипом не продублированы данные для синтезированного образца смолы РФС-и-130-1/1?

В разделе 3.1 автором приведена убедительная доказательная база защищаемого положения о влиянии температуры отверждения смолы на сорбционные свойства ионита. Согласно результатам различных методов анализа Токарем Э.А. впервые доказано, что с повышением температуры отверждения до 210 °С происходит рост скорости сорбционного извлечения Cs-137 и химической стабильности в модельных щелочных растворах. Для ионита, отвержденного при 210 °С, время достижения точки максимума на кинетической кривой сорбции ( $t_{max}$ ) значительно сдвигается и составляет 1400 минут, в отличие от прототипа (образец РФС-и-130-1/1), где это же значение составляет 240 минут. Установлено, что низкое значение эффективности адсорбционного извлечения Cs-137 из модельного раствора при раннем достижении точки максимума у остальных образцов связано с их пониженной химической стабильностью, когда разрушение полимера начинается раньше достижения истинного адсорбционного равновесия.

Установлено, что с ростом температуры отверждения увеличивается степень сшивки полимерной сетки за счёт конденсации термически нестабильных кислородсодержащих групп вида оксидиметиленовых мостиков  $-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-$  и метилольных групп  $-(\text{CH}_2)-\text{OH}$ , что способствует улучшению сорбционно-селективных свойств. Также нельзя не согласиться с автором, что с ростом температуры отверждения интенсифицируется процесс удаления побочных продуктов реакции и остатков формальдегида, которые впоследствии легко подвергаются окислению кислородом воздуха, снижают ионную проницаемость полимерного тела, и, следовательно, сорбционно-селективные свойства.

Помимо изучения влияния температуры синтеза РФС Токарем Э.А. были изучены зависимости сорбционно-селективных свойств РФС от мольного соотношения резорцин/формальдегид (раздел 3.2). Наглядны и грамотно описаны ЯМР-спектры  $^{13}\text{C}$  (рисунок 17, таблица 14), четко показывающие степень сшивки

полимерной сетки в зависимости от мольного соотношения резорцин/формальдегид. Образование более прочной полимерной сетки с высокой доступностью сорбционных центров за счёт образования сложных мостиковых структур вида  $-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_n-$  при термическом разрушении кислородсодержащих групп автор связывает с увеличением количества резорцина. Автором сделано предположение, что такие мостиковые структуры способствуют образованию прочной полимерной сетки с большим размером ячейки, что увеличивает доступность сорбционных центров для обмена, повышая тем самым сорбционно-селективные характеристики ионита.

На основании полученных результатов Токарем Э.А. сделаны выводы, что оптимальное мольное отношение резорцина к формальдегиду составляет 1,2/2,2 и 1,8/2,2 (РФС-и-210-2/1 и РФС-и-210-3/1, соответственно). Дальнейшее увеличение соотношения Р/Ф препятствует началу процесса поликонденсации.

Не ясным остается вопрос, почему, несмотря на сильное негативное действие ионов  $\text{K}^+$  на эффективность извлечения  $\text{Cs-137}$ , коэффициент распределения, полученный на образце РФС-и-210-3/1, в 3 раза больше, чем для РФС-и-210-1/1 (рисунок 19а, с. 82).

Необходимо отметить, что данные исследования проведены на модельных щелочных растворах  $\text{KNO}_3 - 2,25$  моль/дм<sup>3</sup>,  $\text{KOH} 0,75 -$  моль/дм<sup>3</sup>, хотя в литературном обзоре не приводится пример существования жидких радиоактивных отходов с таким содержанием калия. Возможно, автор стремился смоделировать наиболее консервативные условия извлечения радионуклидов цезия из «проблемных» ЖРО, что рассмотрено подробнее в разделе 3.3.

Так, в разделе 3.3 при изучении кинетических параметров сорбционного извлечения ионов щелочных и щелочноземельных элементов из индивидуальных растворов нитратов установлено, что значения сорбционно-обменной емкости (СОЕ) возрастают в ряду  $\text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Cs}^+ \leq \text{Na}^+ < \text{K}^+$ . Показано, что на эффективность сорбционного извлечения цезия из ЖРО наибольшее негативное воздействие будут оказывать ионы  $\text{K}^+$  в виду близости химических радиусов и плотности зарядов. По этой причине РФС могут оказаться малоэффективными

для ЖРО с высоким содержанием калия. Упоминание при этом катиона аммония, как мешающего сорбции наравне с катионом калия ничем не обосновано. Также не прокомментирован автором выделяющийся на порядок из общего ряда результат для  $Mg^{2+}$   $t_{1/2}=211,0$  мин (таблица 17, с.89; таблица 4 автореферата).

Вызывает противоречивую оценку выводы автора по эффективности сорбционного извлечения ионов цезия из многокомпонентных растворов, содержащих органические комплексоны, бораты, переходные металлы. В работе отсутствуют данные, полученные при экспериментах с реальными ЖРО, а модельные растворы не позволяют дать более точный ответ. К сожалению, трудно безоговорочно согласиться, что полученные результаты подтвердятся при экспериментах на реальных ЖРО.

**В главе IV**, состоящей из четырёх разделов, представлены результаты и обсуждение исследования сорбционно-селективных свойств пористых РФС в статических и динамических условиях сорбции, изученные в сравнении с непористой РФС.

Результаты исследования зависимости сорбционных свойств пористых РФС, полученных путём выщелачивания  $CaCO_3$ , от количества вносимого в жидкую олигомерную смесь неорганического наполнителя на этапе получения ионита (раздел 4.1) позволили автору установить количество 10%, обеспечивающее приемлемое значение массопереноса ионов цезия в объеме полимерной сетки и, как следствие, уменьшить длительность контакта смолы с очищаемым щелочным раствором. Полученные электронной микроскопией фотографии формирования пористой структуры, а также приведенные изотермы сорбции, кинетические кривые сорбции, сорбционно-селективные характеристики пористых РФС являются достаточным доказательством защищаемого автором положения о превосходстве химической стабильности, скорости и полноты извлечения цезия пористыми ионитами в сравнении с непористыми.

Автор не остановился на одном пути получения пористого ионита, альтернативным методом получения пористых образцов РФС им разработан

метод полимеризации реакционной дисперсионной среды, где в качестве эмульсии был использован толуол.

В экспериментальном сравнении пористых ионитов, полученных разными путями (раздел 4.2), Токарем Э.А. тщательно проанализированы и определены обусловленные особенностью формирования толуолом «пенноподобной» структуры пор повышенные константы адсорбционного равновесия, повышенная сорбционная емкость вследствие большей доступности сорбционных центров, но также и эффект снижения интенсивности сорбционного процесса вследствие растворения полимера из-за более высокой удельной поверхности зерна ионита. В целом, результаты, полученные автором, наглядно свидетельствуют о преимуществе использования при извлечении цезия новых сорбентов в ряду «РФС-Т-25 – РФС-Са-10 – РФС-и-210-1/1», где наибольшим коэффициентом очистки характеризуется пористый ионит, полученный полимеризацией реакционной дисперсионной среды, затем пористый ионит, полученный выщелачиванием неорганическим реагентом, и значительно уступающий им непористый ионит.

Наибольший практический интерес представляют полученные Токарем Э.А. результаты оценки термодинамических параметров сорбции (раздел 4.3) и исследования сорбции стабильного изотопа цезия Cs-133 в динамических условиях (раздел 4.4), свидетельствующие о перспективности использования пористых ионитов при очистке жидких сред с высоким содержанием цезия, когда важна не только селективность, но и высокая обменная емкость.

Установлено, что пористые образцы РФС-Т-25 и РФС-Са-10 характеризуются повышенным значением эффективного фильтроцикла (до 95 % проскока), а также коэффициентом очистки Cs-137 (до 1600) в динамических условиях в сравнении с непористой РФС, синтезированной в аналогичных условиях. Установлено, что для очистки сильнощелочных ЖРО ( $\text{pH} \geq 13$ ) наиболее предпочтительным является применение РФС-Са-10. Для очистки высокоминерализованных ЖРО с  $\text{pH}$  11-13, содержащих продукты коррозии, а также комплексообразователи, предпочтительным является использование РФС-

Т-25. Показано, что при очистке растворов-имитаторов кубового остатка значения эффективного фильтроцикла (до 50% проскока), полученные на РФС-Т-25 и РФС-Са-10, в 2-4 раза превышают значения, приведённые в литературе для промышленно выпускаемых ионитов или синтезированных по известным методикам. Разработанные автором смолы РФС-Т-25 и РФС-Са-10 могут быть рекомендованы для очистки реальных жидких радиоактивных отходов сложного химического состава от радионуклида Cs-137.

Использование полученных материалов позволит усовершенствовать технологии переработки жидких радиоактивных отходов, а также снизить потенциальные риски радиоэкологического загрязнения при обращении с отходами.

В заключении приведены выводы по результатам диссертационной работы.

Несмотря на несомненные достоинства работы, помимо вышеуказанных комментариев существует ряд **вопросов**:

1. При описании методов получения исследуемых ионитов не приводятся сведения о газообразных продуктах, образующихся в процессе поликонденсации и возможных способах их обезвреживания.
2. В методологии диссертационного исследования автором не обоснован выбор модельных щелочных растворов  $\text{KNO}_3 - 2,25 \text{ моль/дм}^3$ ,  $\text{KOH} 0,75 - \text{моль/дм}^3$ .
3. В качестве дополнения, для представления качественных преимуществ полученных материалов над известными аналогами, в работе можно было бы рассмотреть вопрос очистки ЖРО, содержащих морскую воду. Для дальневосточного региона дезактивация таких радиоактивных отходов, является важной технологической задачей.

Есть также замечания редакционного характера. Не все сокращения включены в перечень (ХС, РЗЭ), часть включенных в перечень вовсе не упоминается в работе (ТВЭЛ, ОЯТ), в автореферате в заголовках таблиц не расшифрованы параметры и величины, что создает трудности при прочтении.

Наряду с РФС употребляется РФ-смолы, произвольно указывается либо изотоп Cs-137, либо (на мой взгляд, не обосновано) Cs-137/134.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку данной диссертационной работы, выполненной на высоком научном и экспериментальном уровне.

**Достоверность** полученных автором результатов подтверждается их воспроизводимостью, применением широкого спектра современных взаимодополняющих физико-химических методов исследования, представлением и обсуждением установленных закономерностей на тематических российских и международных научных мероприятиях и публикациями в рецензируемых научных журналах, корреляцией результатов, полученных в лабораторных условиях, с опубликованными данными, представленными в независимых источниках по близкой тематике. Основные выводы диссертации обоснованы и логично вытекают из содержания работы.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

По теме диссертации опубликованы 18 статей и 9 тезисов докладов в сборниках трудов международных и российских конференций, получен 1 патент РФ. Из них 8 статей опубликованы в рецензируемых научных журналах («Вопросы радиационной безопасности», «Радиохимия», «Radiochimica Acta», «Gels», «Materials Science»), индексируемых в референтных международных базах Web of Science, Scopus, RSCI и рекомендованных ВАК при Минобрнауки России для публикации основных научных результатов диссертации.

### **Заключение**

По своему содержанию диссертационная работа Токаря Эдуарда Анатольевича соответствует паспорту специальности 1.4.4 - физическая химия (химические науки) в пунктах: 2 «Экспериментальное определение термодинамических свойств веществ, расчет термодинамических функций простых и сложных систем, в том числе на основе методов статистической термодинамики, изучение термодинамики фазовых превращений и фазовых

переходов» и 3 «Определение термодинамических характеристик процессов на поверхности, установление закономерностей адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях», а также специальности 1.5.15 – экология (химические науки): 5.4 «Разработка, исследование, совершенствование действующих и освоение новых технологий и устройств, позволяющих снизить негативное воздействие объектов энергетики на окружающую среду» и 5.6 «Разработка экологически безопасных технологий очистки, утилизации и хранения вредных промышленных отходов».

Диссертация Токаря Эдуарда Анатольевича представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные решения применения новых более эффективных сорбционных материалов для очистки жидких радиоактивных отходов от изотопов цезия, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, в том числе критериям, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842) (с изменениями и дополнениями), а ее автор, Токарь Эдуард Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.4. - физическая химия (химические науки) и 1.5.15- экология (химические науки).

Горбунова Ольга Анатольевна,

доктор технических наук (05.17.02 – технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов, 05.17.02 – технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, 25.00.36 – геоэкология (технические науки)),

инженер-химик-технолог по специальности «Химия и технология синтетических биологически активных соединений»,

доцент по кафедре «Инженерная защита окружающей среды»,

Советник заместителя генерального директора по капитальному строительству и ремонту

Федерального государственного унитарного предприятия «Федеральный экологический оператор» Госкорпорации «Росатом» (ФГУП «ФЭО»)

Адрес: 119017 г. Москва, Пыжёвский переулок, д. 6

<https://www.rosrao.ru>

e-mail: [OAnGorbunova@rosfeo.ru](mailto:OAnGorbunova@rosfeo.ru)

тел.: +7(495)710-76-48, доб.1108

Я, Горбунова Ольга Анатольевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«04» мая 2022 г.

/Горбунова О.А./

Подпись Горбуновой О.А. заверяю.

Эксперт по работе с персоналом Федерального государственного унитарного предприятия «Федеральный экологический оператор» Госкорпорации «Росатом» (ФГУП «ФЭО»)

/Добровольская О.М./